



中华人民共和国国家标准

GB/T 14099.8—2009/ISO 3977-8:2002

燃气轮机 采购 第 8 部分：检查、试验、安装和调试

Gas turbines—Procurement—
Part 8: Inspection, testing, installation and commissioning

(ISO 3977-8:2002, IDT)

2009-04-13 发布

2010-01-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 ·	· III
1 范围 ·	· 1
2 规范性引用文件 ·	· 1
3 术语和定义 ·	· 1
4 总则 ·	· 2
5 检查 ·	· 2
5.1 总则 ·	· 2
5.2 材料检查 ·	· 3
5.3 机械检查 ·	· 3
6 试验 ·	· 3
6.1 总则 ·	· 3
6.2 水压试验 ·	· 3
6.3 功能/运行试验 ·	· 5
6.4 选项试验 ·	· 7
7 贮存和装运的准备 ·	· 8
7.1 总则 ·	· 8
7.2 准备 ·	· 8
8 安装和调试 ·	· 9

前 言

GB/T 14099《燃气轮机 采购》由如下部分组成:

- 第1部分:总则与定义;
- 第2部分:标准参考条件与额定值;
- 第3部分:设计要求;
- 第4部分:燃料与环境;
- 第5部分:在石油与天然气工业中的应用;
- 第6部分:联合循环;
- 第7部分:技术信息;
- 第8部分:检查、试验、安装和调试;
- 第9部分:可靠性、可用性、可维护性与安全性。

本部分为 GB/T 14099 的第8部分。

本部分等同采用 ISO 3977-8:2002《燃气轮机 采购 第8部分:检查、试验、安装和调试》(英文版)。

本部分等同翻译 ISO 3977-8:2002。

为便于使用,本部分做了如下编辑性修改:

- 将“国际标准的本部分”改为“本部分”;
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”;
- 将一些适用于国际标准的表述改为适用于我国标准的表述;
- 对 ISO 3977-8:2002 引用的其他国际标准,有被采用为我国标准的用我国标准代替相对应的国际标准,未被我国标准采用的直接引用国际标准。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国燃气轮机标准化技术委员会(SAC/TC 259)归口。

本部分起草单位:苏州高达热电有限公司、上海闸电燃气轮机发电有限公司、华能汕头电厂、南京燃气轮机研究所、上海发电设备成套设计研究院、天津滨海电力有限公司、浙江镇海联合发电公司、四川省电力设计院、中国南方航空动力机械公司。

本部分主要起草人:胡星辉、范邦桢、张旋洲、涂庆国、沈邱农、沈国强、吴云飞、张云燕、陈文烽。

燃气轮机 采购

第 8 部分：检查、试验、安装和调试

1 范围

GB/T 14099 的本部分为确保成套商所供产品和各项服务的完整,确立了各系统和程序的原则。

本部分为成套和成套设备提供了检查、试验、安装和调试的指导性意见。本部分概述了采购方与成套商在检查、协调、报告和记录方面的职责。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 14099 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

- GB/T 14099.3—2009 燃气轮机 采购 第 3 部分：设计要求(ISO 3977-3:2004, IDT)
- GB/T 15135—2002 燃气轮机 词汇(ISO 11086:1996, MOD)
- GB/T 18345.1—2001 燃气轮机 烟气排放 第 1 部分：测量与评估(idt ISO 11042-1:1996)
- ISO 2314:1989 燃气轮机 验收规范
- ISO 3977-1:1997 燃气轮机 采购 第 1 部分：总则与定义
- ISO 3977-2:1997 燃气轮机 采购 第 2 部分：标准参考条件与额定值
- ISO 3977-4:2002 燃气轮机 采购 第 4 部分：燃料与环境
- ISO 4406:1999 液压油动力 油类 固体颗粒污染度分级法
- ISO 6190:1988 声学 用于评估环境噪声的燃气轮机装置声级的测量 测量方法
- ISO 10442:2002 石油、化工及燃气服务业 快装式整体化齿轮传动离心式空气压缩机
- ISO 13691:2001 石油与天然气工业 高速专用齿轮装置
- ISO 13709:2003 石油、石化和天然气工业用离心泵
- IEC 60034-1:1983 旋转式电动机械 第 1 部分：额定值和性能
- IEC 60034-4:1985 旋转式电动机械 第 4 部分：由试验确定同步机参数的方法

3 术语和定义

ISO 3977-1:1997、ISO 3977-2:1997、GB/T 14099.3—2009、GB/T 15135—2002 和 ISO 3977-4:2002 中确立的以及下列术语和定义适用于 GB/T 14099 的本部分。

3.1

检查 inspection

证明材料、零部件、组装件或成套机组满足成套商或采购方一个或多个特定规范的过程。

注：这可包括证明文件、报告、材料合格证、化学分析、物理或轮廓尺寸检查、制造记录、外观检查和/或有文件记录的检查和试验结果,含任何可采用的无损检测(NDE)方法或技术。

3.2

试验 test

证明组装件、零部件或成套机组满足成套商在试验大纲和程序中所规定的物理性能、功能性和操作性的要求,或采购方规范的过程。

3.3

见证 **witnessed**

对制造过程采用的一种控制方式,即检查或试验一定要有采购方或其代理人在场的情况下进行。

3.4

告知 **observed**

一定要告知采购方检查或试验的时间。

注:但是,检查或试验宜按计划进行,如果采购方或其代理人没有到场,成套商宜继续进行下一步工作。

4 总则

成套商应为采购方提供检查和试验计划。该计划确定了成套商及其分包商所需采取的措施,以确保成套的完整。

这些计划宜包括采购方在其询价书中提出的任何特定要求,以及原产地或目的地中适用于成套设备的任何地方或国家的相关法规。开始制造前,成套商、采购方和可由采购方指定的任何一个第三方检查者应对该计划达成一致意见。

采购方有责任将目的地的任何地方和国家的相关法规通知成套商。

对于必须在现场进行的检查和试验,应在检查和试验计划中明确指出,并且得到成套商与采购方的一致同意。

成套商与采购方应就下列事项达成一致意见:

- 采购方参与检查和试验的程度,包括见证试验点和告知试验点;
- 试验程序、参数验收及验收规范的详情;
- 控制点和见证试验及告知试验的通知期限;
- 由采购方提供的设备和服务。

调试完成之日起,成套商应将下列资料至少保存 10 年,以备采购方或其代理人要求检查时用:

- 材料合格证;
- 材料清单上所有项目的采购规范;
- 证明已满足采购规范要求的试验数据;
- 反映材料检查结果的文件,包括所有热处理和探伤过程的完整的鉴定记录;
- 如有规定,还包括最终装配和竣工间隙。

除上述要求外,采购方还可指定:

- 应对表面和内部进行检查的部件;
- 采用的无损检测的类型。

5 检查

5.1 总则

检查工作贯穿于整个制造过程,可涉及:

- 材料;
- 零部件;
- 装配;
- 组装件;
- 成套辅助设备;
- 成套燃气轮机。

当检查工作涉及到承压部件时,这些部件应在完成指定的检查后再油漆。

5.2 材料检查

在制造和组装过程中对燃气发生器、动力透平和设备上所有其他零部件,使用的无损检测(NDE)程序和验收规范应符合成套商和采购方同意的检查和试验计划书。

5.3 机械检查

在组装过程中及功能性、操作性试验之前,对零部件或组装件(包括这些零部件的埋铸管路)和所有的管路及附件,应采用化学的或其他合适的方法进行清洗,以除去异物、锈蚀物和氧化皮。

所供的油系统每一部分应满足 ISO 4406 标准中的清洁度要求。

如有规定,采购方可在封头焊接至容器之前、容器或换热器上的开孔被封闭之前、或者管道最后组装之前,对由成套商或通过成套商提供的设备和所有管道及其附件进行清洁度的检查。

如有规定,对部件、焊缝和热影响区进行试验,以确定其硬度应在允许值范围内。测试的方法、范围、记录和见证应由采购方和成套商共同商定。

6 试验

6.1 总则

本条涉及进入商业运行之前,关于零部件、组装件和成套机组物理试验的最低推荐要求。

试验范围应由采购方和成套商商定,可以包括由采购方在 6.4 所述的选定试验中指定的选项。

图 1 表示强制的和任选的运行试验的理想顺序,并可用作指导。所有试验记录应保存一段时期以备后用。

6.2 水压试验

最低限度,对于法规或国家标准确定为压力容器的部件(燃气发生器缸体和动力透平的缸体除外),应按照国家法规和国家标准进行水压试验,液体最小压力至少为最大允许工作压力的 1.5 倍,但是其差压不小于 140 kPa。其他部件和系统应按照国家法规和适用于目的地区的法规的或强制性的要求进行试验。试验液体温度应高于试验材料的脆性转变温度。

如果试验部件是在材料的抗拉强度低于该材料室温抗拉强度的温度下运行,水压试验的压力应乘以一系数,该系数是将材料室温下的允许工作应力除以运行温度下的允许工作应力。数据表应列出实际的水压试验压力和温度。

用于奥氏体不锈钢材料试验的液态氯化物含量不应超过 5.0×10^{-5} ,为了防止因蒸发干燥引起的氯化物沉积,所有残余液体在试验结束后应从试验件内清除。

试验应维持足够长的时间,以便完成各部件在受压状态下的检查。至少观察 30 min,如果气缸或气缸接合面既没有泄漏也没有渗漏,则应认为本次水压试验是合格的。大型的、重型的气缸可要求更长的试验时间,这要由采购方和成套商商定。

分段气缸试验内部封闭有渗漏时,容许用试验泵维持压力。

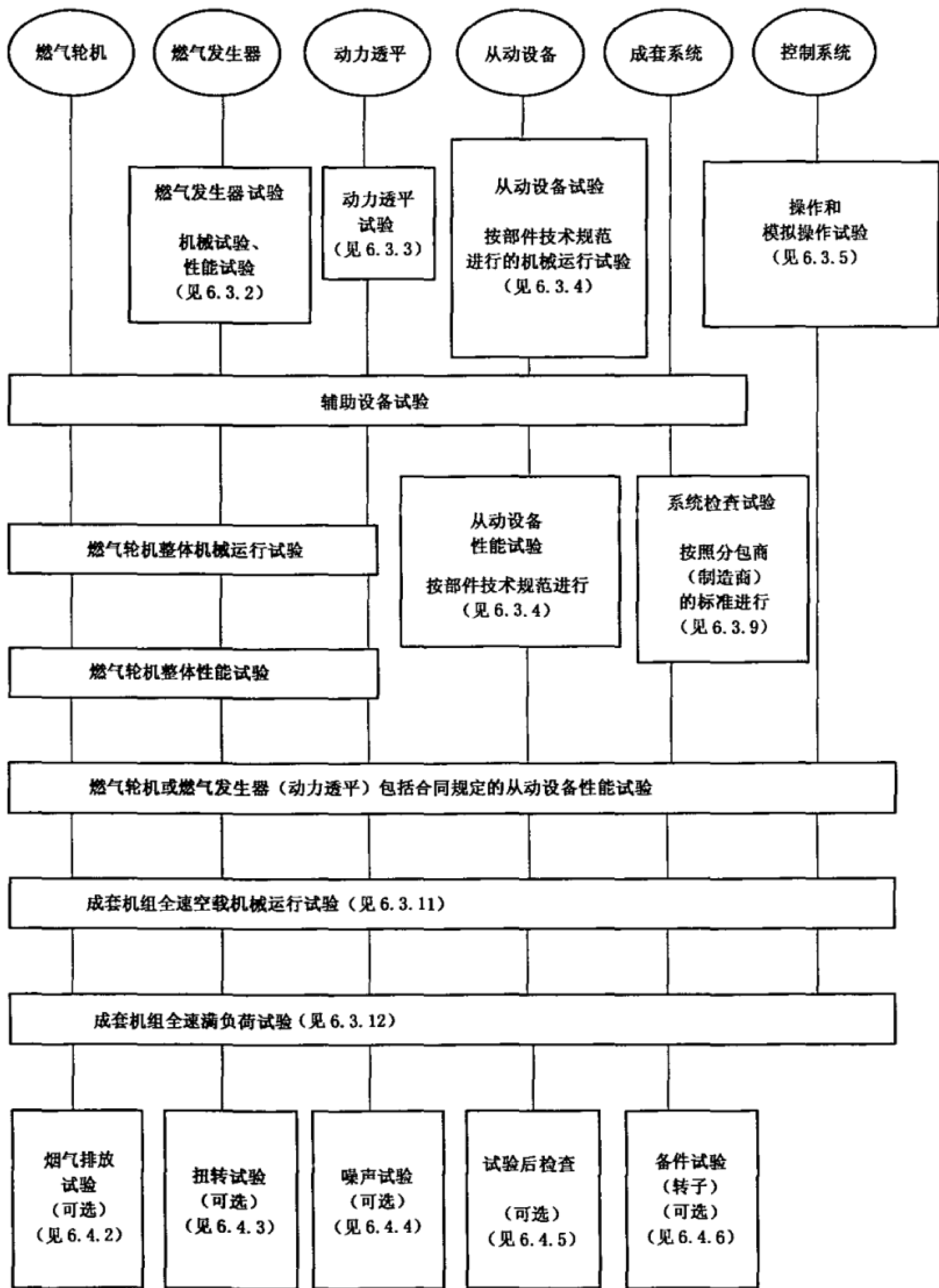


图 1 选项试验图

6.3 功能/运行试验

6.3.1 总则

图 1 表示可选择的试验选项。

向现场交货前可能进行的试验范围取决于燃气轮机的设计、额定功率和尺寸,以及成套商工厂中可用的设备。如果这些因素限制工厂试验,那么成套设备应在另一可供选择地或现场进行试验。无论如何,现场验收试验通常总是需要的,不论工厂试验的范围有多大。

试验的范围和地点应由采购方和成套商定。燃气轮机和燃气发生器性能试验应该按照 ISO 2314:1989 进行。以下是常规试验举例:

- 燃气轮机试验;
- 燃气轮机带有合同规定的从动设备试验;
- 成套设备试验。

对于带有动力透平的燃气轮机,还可选做以下试验:

- 燃气发生器试验;
- 动力透平试验。

这些试验可以在空载、部分负荷或满负荷下进行。用于机械驱动时,驱动装置可用于完成从动设备的全压、满负荷或全速试验。

试验一般应包括:

- 冷态启动;
- 热态启动;
- 可调进口导叶和/或静叶片的全范围操作;
- 放气阀的操作;
- 防冰系统的操作(如果提供)。

特定被试验设备的所有润滑油压力、黏度和温度应在成套商为其提供的使用说明书中推荐的运行值范围内。

缸体、润滑油系统、燃料系统和液压系统应检查接合面和连接处的严密性。应该消除油和燃料的所有泄漏。对性能有不利影响的,并且采购方认为会引发安全事故的空气泄漏应予消除。

所有的报警、保护和控制装置应进行调整和试验以满足正常运行。当试验由采购方见证时,试验期间仅应随机抽选用于验证。

6.3.2 燃气发生器

燃气发生器无论作为一个单独的组件还是作为成套燃气轮机的部件,都应进行试验。试验应证明机械运行、功率和热效率符合制造商的技术规范。

这个试验可利用试车台设备(即控制器、管道、空气过滤器、功率计、喷嘴等)来做,但是应在成套商提供并经采购方同意的试验规程中标明。

在燃气发生器机械运行和/或性能试验期间,应验证所有合同设备和能被试验的安全装置的机械操作是合格的。振动读数不应超过 GB/T 14099.3—2009 中给定的极限。机械性能应符合给定技术条件。

6.3.3 动力透平

如果动力透平单独做试验(即不与燃气发生器直接相连,见 6.3.2),应检查振动水平是否符合要求,以及配套的保护装置和仪器的工作是否正常。

6.3.4 从动设备

6.3.4.1 发电机试验

发电机应在发电机卖方制造厂根据 IEC 60034-1 和 IEC 60034-4 进行试验。

发电机应与成套机组一起进行负荷性能试验,并在商定的地点与透平/负载设备系统的机械运行试

验同时进行。

6.3.4.2 压缩机试验

用于油、气、石化和炼油工业的压缩机应根据 ISO 10442 的要求进行工厂试验。

ISO 10442 内的选项试验可以作为成套机组工厂试验的一部分。

6.3.4.3 泵试验

用于油、气、石化和炼油工业的泵应根据 ISO 13709 的要求进行试验。

ISO 13709 内的选项试验可以作为成套机组工厂试验的一部分。

6.3.4.4 负荷齿轮箱试验

用于油、气、石化和炼油工业的主负荷齿轮箱应根据 ISO 13691 的要求进行试验。

6.3.5 控制系统

合同控制盘应全面做硬件操作试验。合同控制盘还应按照采购方和成套商之间的商定进行功能试验(型式试验或合同规定试验)。功能试验应在模拟试验台上进行,或成套商应在安装和调试阶段之前全面检查所有燃气轮机运行参数。

6.3.6 辅助设备试验

如有规定,GB/T 14099.3—2009 中列出的辅助设备应在机械运行试验之前进行试验,辅助设备试验的细节应由采购方和成套商共同拟定。

6.3.7 燃气发生器/动力透平机械试验

如有规定,分体式的燃气发生器和动力透平应一起进行机械试验。试验按照 6.3.2 进行。动力透平的机械状况应符合 GB/T 14099.3—2009 中的振动和平衡要求。对于采用滑动轴承的动力透平,油温和轴承温度应符合成套商的技术规范。

6.3.8 燃气发生器/动力透平性能试验

燃气轮机的功率和热效率试验应根据 ISO 2314:1989 和/或由采购方与成套商商定进行。

6.3.9 系统检查

所有成套设备和非成套设备的部件和系统,应根据制造商的标准和确定的规程进行试验,这些试验应证实系统的完整性及其正常运行的能力,如合适,可包括下列部分或全部工作:

- 外观检查;
- 回路检查;
- 管道系统清洗;
- 压力试验和泄漏试验;
- 仪器设定点;
- 阀门顺序。

6.3.10 燃气轮机(包括合同规定的从动设备)

投入商业运行之前,应对整套燃气轮机(燃气发生器和动力透平)包括合同规定的从动设备进行试验。试验可在成套商的试验场所或安装和调试后在现场进行,但无论如何都应按照双方同意的试验规程执行。

6.3.11 全速空载(FSNL)试验

6.3.11.1 全速空载(FSNL)试验准备

在成套商的试验场所或现场(如果双方同意)进行 FSNL 试验之前,应按照以下条款进行试验准备。

对于机械运行试验,成套装置应使用合同规定的轴承和轴封(如果有)。

特定被试验设备的所有润滑油压力、黏度和温度应在成套商为其提供的使用说明书中推荐的运行值范围内。

如果用试验台设备滤油,其过滤精度应是 10 μm 或者更高。在任何试验开始前,油过滤器出口的

滑油系统部件应满足 ISO 4406 的清洁度要求。

应检查所有接合面和连接处的严密性,并消除任何泄漏。

应检查所有报警、保护和控制装置,并按要求调试。

对于机械驱动的应用,应安装防止油或其他碎屑在机械运行试验中进入从动设备的设施。这些设施在整个试验期间都应处在运行状态。

当连接从动设备时,需要进行合同规定的联轴器试验。在运行试验后,液压安装联轴器的过盈配合应通过比较轴套与轴的配合标记进行检查,以确认试验期间联轴器的轴套相对轴没有移动。

试验过程中所有合同规定的振动探测器、电缆、解调器和/或加速度表均应投入使用。

只要可能,工厂试验设施就应包括能连续监控、绘制曲线和记录每分钟转数、峰-峰位移值、峰值加速度、速度有效值和相位角的仪器。所有振动数据应按照商定的提供。

如果振动验收标准用地震值来表示,这些应在试验规程以及在试验期间使用合同规定的仪器记录下的实际值中说明。

6.3.11.2 转速控制

对于电力驱动的各种应用,转速控制设备应在调速器确定的全范围内验证。对于机械驱动的各种应用,设备转速应(如果许可)以大约 10% 的增量,从调速器最小设定值逐步增加到最大连续转速。在上述两种情况下,设备都应以正常最大连续转速运行,直到轴承、润滑油温度和振动稳定为止。

然后输出转速应按照成套商的建议递增,以验证机组在不超过超速遮断设定值 3% 的转速以内,最长持续 15 min,能够满意运行。

超速遮断装置应进行检查和调整,直至动作值误差达到正常遮断设定值的 1% 以内。

应在整个运行转速范围内试验转速调节器和任何其他转速调整装置的平滑调节性能,并检查其空载稳定性和对控制信号的响应。

该转速应减小至最大连续运行转速,设备在此转速下应运行 4 h,如双方同意,时间可缩短。

当运行在(或接近)临界转速时,应特别小心。

6.3.11.3 运行试验

在机械运行试验期间,所有被试验设备的机械运行和试验仪器的工作应是正常的。每个部件实测的振动等级不应超过规定的限制,并且应在整个运行转速范围内记录下来。

当设备在最大连续转速和试验规程指定的其他转速运行时,应做频谱分析,以显示在不同于同步频率的各种频率下的振幅。最低限度,这些频率的覆盖范围应从最大连续运行频率的 0.25 倍~8 倍。如果任何离散的非同步频率的振动等级超过规定的 20%,采购方和成套商应互相协商是否需要进行附加试验或设备是否适合发运。

对采用柔性轴的机械,机械运行试验应验证燃气轮机横向临界转速符合 GB/T 14099.3—2009 的要求。机械运行试验期间测定的一阶横向临界转速最好标明在铭牌上,后面加上“试验”二字。当一阶临界转速由于衰减不能测定时,计算临界转速最好标明在铭牌上,后面加上“计算”二字。

如有规定,应记录所有实时振动数据。

6.3.11.4 最终试验

如果消除机械或性能缺陷,需要更换、调整轴承或密封件,或者揭缸修理或更换其他部件,那么初始试验不应被接受;最终试验应在修复工作后进行。

6.3.12 全压、满负荷、全速试验

全压、满负荷、全速试验的细节应由采购方和成套商定。该试验可以取代机械运行试验。

6.4 选项试验

6.4.1 总则

如有规定,应进行 6.4.2~6.4.7 中的选项试验,试验是在工厂还是在现场做,取决于设施条件,由采购方和成套商定。

6.4.2 烟气排放试验

烟气排放试验应按照 GB/T 18345.1—2001 进行。

6.4.3 扭转试验

应测量扭转振动,以验证整个动力轴系的扭转分析,该试验程序应由采购方和成套商商定。

注:扭转试验非常复杂,并且需要一套高精尖的试验装置。

6.4.4 噪声试验

应按照 ISO 6190,或采购方和成套商定定的程序进行噪声试验。

6.4.5 试验后检查

在机械运行试验完成后,可进行主要从动设备、齿轮箱和驱动装置的内窥镜检查、拆卸检查和复装。成套设备拆卸和检查的范围由成套商和采购方商定。

6.4.6 备用转子试验

备用转子应按采购方的要求进行试验。

6.4.7 可靠性试验

采购方可确定延长运行时间(24 h 或更长)。延长运行的目标和验收标准应由成套商和采购方商定。

注:通常(但不是唯一的)需要通过这些试验来验证双方商定的成套设备、某特定的部件或系统的最低可靠性。

7 贮存和装运的准备

7.1 总则

应以与运输型式相适应的方式做好燃气轮机及其相关设备的装运准备,并用国际上公认的符号对其作出明显的标记。

如有必要,设备的保管措施应能适合长达 6 个月的户外贮存,其后也无须解体。如果确定贮存期更长,采购方应向成套商咨询更好的处理方法。

采购方应将现场贮存设施通知成套商。成套商应向采购方提供必要的指导,以确保设备到达现场后直到开工前,其贮存保管完好。

成套商应将避免危及人身健康和安全或损坏设备需要考虑的预防措施通知采购方。

运输文件应由成套商负责随运送的货物同行。

7.2 准备

双方商定的试验和检查全部完成并得到采购方认可后,就应对设备的装运做好准备。

除非另有规定,设备外表面(机加工表面和/或耐腐蚀表面除外)应涂一层底漆和至少一层面漆。

外部机加工表面应涂上一层合适的防腐蚀剂。

暴露的轴和联轴器应用防水、可塑的蜡布或气相防腐蚀剂纸包好。各接缝处应用耐油胶带密封。

旋转设备的内部应是清洁的,无焊渣的,并应防止铁屑和异物进入。

轴承座和由碳钢制造的油系统辅助设备(如油箱、容器和管路)的内表面,应涂上合适的油溶性防腐剂。轴承组件应完全防止湿气和废屑进入。

为避免在装运和贮存期间灰尘或腐蚀物的进入,应把法兰和螺孔覆盖好。

起吊点和吊耳应标识清楚。应能容易地识别质量、尺寸和重心,如有必要,对成套设备的安全操作和装卸方法也应进行标识。

设备上应标有项目号和序号。和设备分开装运的材料应标有该设备的项目号和序号。此外,设备装运时应有一式两份装箱单,箱内、箱外各一份。

采购设备上的辅助管路接口应有永久的标志,并与成套商的管路接口表或总体布置图相符。

如果要在大的腔室内放置袋装吸湿剂,则应将袋子放在容易取出的地方。袋子可装入固定于法兰盖上的金属丝笼中,并应用防腐标志标出袋子的位置。

成套商应提供一份安装说明书副本,随设备装运。

8 安装和调试

设备到达现场之前,采购方和成套商应就设备的安装和调试程序达成一致意见。

采购方应将安装现场有关的限制性规定(如工作时间、通行限制等)通知成套商,成套商用于进入安装现场的程序。

所有与现场工作相关的协调和联系性事务应由采购方和成套商处理。

项目进入安装和调试之前,采购方应将现场具备的服务条件和公用事业设施通知成套商。

成套商应对用于其供货范围内的设备和服务的全部安装和调试规程的条款负责。

设备应按照成套商的规程安装,安装规程可以安装手册、工程检查表或类似文件的形式提交。

这些工作应记录、建档并保存,便于将来查阅。规程中还可包括下述部分或全部的工作:

- 机械安装;
- 电气安装;
- 控制装置的功能试验;
- 电动机和发电机的相序检查;
- 电气设备的安装试验;
- 接线检查;
- 控制和仪表电路的回路试验;
- 管道系统的清洗;
- 管道系统在受压状态下的泄漏试验;
- 对中;
- 灌浆;
- 调试前检查;
- 应急设施和系统的试验。

如果在安装手册中未包含调试工作,那么,成套商可另供一份专用于设备调试的手册。

除非另有协议,否则采购方应负责确保在调试期间提供满足要求的设施(如:压缩空气和/或合格的仪表用气、燃料、水、电等),并且当进行现场验收试验或可靠性试验运行时,还要负责确保满足从动装置的负载要求。

万一出现超出成套商控制范围的情况,导致现场验收试验和/或可靠性试验运行中断,那么应在问题解决和状态恢复正常后,再开始并继续试验,如同中断未发生过。
